



Control de calidad en las aguas residuales y regeneradas: parámetros a controlar en función de las normativas aplicables y nuevas tendencias

Rafel Marín Galvín coordinador del Grupo de Inspección de Vertidos y Laboratorio de la Comisión V de la AEAS y jefe de Control de Calidad, Calidad y Medio Ambiente de Emacsa

El análisis de las aguas residuales y regeneradas tiene a su servicio una completa batería de técnicas analíticas y métodos químicos de separación. En todo caso, la complejidad de la matriz determina la facilidad operativa y los resultados obtenidos. El control de las aguas depuradas vertidas a cauce responde a normativas estatales o autonómicas, mientras el control de vertidos internos a saneamientos se basa en normas municipales o a veces autonómicas. Por su parte, las aguas regeneradas son visadas por la administración sanitaria. En el tema del agua residual, la existencia de normativas que en ocasiones se contraponen es un problema para el gestor del saneamiento. Además, el continuo y creciente aporte de contaminantes emergentes (en gran parte domésticos) hacia los saneamientos dificulta enormemente la depuración de aguas en las actuales estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR), las cuales desafortunadamente ya están obsoletas y a duras penas pueden cumplir con las cada vez más exigentes normativas ambientales.

Palabras clave

Agua residual urbana, agua residual industrial, agua regenerada, EDAR, metales pesados, sustancias prioritarias, sustancias preferentes.

Quality control in wastewater and reclaimed water: parameters to control according to the applicable regulations and new trends

Analysis of wastewater and reclaimed water is served by a comprehensive battery of analytical techniques and chemical separation methods. In any case, the complexity of the matrix determines the operational ease and the results obtained. The control of treated water discharged into watercourses respond to state or regional regulations, while internal control of discharges to sanitation network is based on municipal regulations or sometimes regional ones. Meanwhile, reclaimed water is endorsed by the health administration. On the other hand, the existence of regulations about wastewater which sometimes contradict is a strong problem for sanitation manager. Finally, the continued and growing contribution of emerging contaminants (largely domestic part) towards sanitation greatly complicates the purification of water in existing wastewater treatment plants (WWTP), which unfortunately are obsolete and can hardly meet the increasingly stringent environmental regulations.

Keywords

Wastewater, industrial wastewater, reclaimed water, WWTP, loud metals, priority substances, preferential substances.



1. Introducción: el análisis de las aguas

La eficacia e idoneidad práctica de cualquier técnica de análisis aplicada al agua, independientemente de su origen, está condicionada por varios factores, pero fundamentalmente por dos: el analito a investigar, es decir, el compuesto o grupo de compuestos químicos, o microorganismo o grupo de microorganismos, de interés; y la matriz en la que se encuentra, puesto que el entorno que engloba al analito puede interferir, y de hecho lo hace y de forma determinante, en el posterior resultado analítico obtenido.

En cuanto al analito, puede tratarse con compuestos químicos (cloruros, metales pesados, compuestos orgánicos de síntesis...), mediante propiedades fisicoquímicas (conductividad, pH, turbidez...) de la disolución (agua) y, también, con elementos biológicos o microbiológicos presentes (virus, *Escherichia coli*, protozoos, dafnia...) en los que su estadio de crecimiento, así como su concentración (cantidad/volumen), serán determinantes.

En cuanto a la matriz, cuando más interferentes ajenos al analito de interés existan en el medio, más complicado será el análisis. Piénsese en la diferencia del contenido global de sustancias inorgánicas y de organismos-microorganismos que se encuentran en un agua de consu-

mo o en un agua regenerada frente a la situación de un agua residual doméstica o industrial, y en las múltiples interacciones que pueden presentar entre ellas cuando se trata de la determinación de un componente aislado de la matriz total (**Figura 1**).

Con respecto a los analitos químicos a determinar, brevemente pueden clasificarse en:

- Compuestos orgánicos, ricos en C, N y P, y materia orgánica en general inespecífica.
- Cationes inorgánicos (Ca^{2+} , Mg^{2+} ...).
- Aniones inorgánicos (HCO_3^- , NO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} ...).
- Cationes orgánicos (NH_4^+ , aminas cuaternarias...).
- Aniones orgánicos (oxalatos, lactatos, acetatos, citratos...).
- Moléculas y macromoléculas diversas (aldehídos, fenoles, bencenos, péptidos y proteínas...).
- Gases disueltos (sulfuros, CO_2 , metano, mercaptanos...).
- Compuestos con actividad radiológica (radón, tritio, actividad α ...).
- Restos sólidos más o menos disgregados (sólidos en suspensión...).

Para muchos analitos químicos no es posible su determinación como especies químicas aisladas, y las técnicas aplicadas cuantifican en realidad diferentes conceptos que actúan como aproximaciones

más o menos acertadas al problema planteado. Por ejemplo, la determinación de la materia orgánica en un agua, término en realidad muy abstracto y que en aguas de consumo y naturales adopta la forma de la oxidabilidad al KMnO_4 , mientras que en aguas residuales adopta las conocidas determinaciones de la demanda química de oxígeno (DQO) o demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), o incluso la del carbono orgánico total o disuelto (COT o COD).

La experiencia dicta que los resultados analíticos de las técnicas referidas más arriba en poco coinciden, puesto que las condiciones de oxidación previas a la determinación de los materiales orgánicos de un agua son distintas en el caso del KMnO_4 , del $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ o de la radiación infrarroja. Además, las concentraciones analíticas de los compuestos químicos presentes en las aguas van desde los g/L, en el caso de los sólidos en suspensión, hasta los nanog/L (10^{-9}) en el caso de muchos microcontaminantes orgánicos de síntesis (compuestos fitosanitarios y otros).

Fijándose ahora en el aspecto biológico o microbiológico de un agua, se pueden encontrar bacterias (aerobias, anaerobias, facultativas), microorganismos filamentosos, hongos y levaduras, protozoos y nemátodos, virus entéricos y no entéricos, incluso crustáceos y algunos otros animáculos ocasionales.



Para este tipo de determinaciones los recuentos también ofrecen resultados dentro de un vasto espectro de medidas, que pueden oscilar entre ausencia/presencia por volumen dado de muestra, para algunos microorganismos u organismos, hasta valores de 10^9 - 10^{12} unidades por L (como ejemplo, cuantificación de coliformes totales en aguas residuales urbanas).

En relación a la técnica analítica que se pueda emplear en cada momento, los resultados analíticos que se puedan obtener vendrán determinados por varios factores que conviene valorar:

- Características analíticas de la técnica aplicada.
- Límites de detección y de cuantificación exigibles según la normativa aplicable.
- Necesidad o no de purificación previa al análisis de la sustancia de interés, lo que se torna especialmente crítico en la cuantificación de microcontaminantes orgánicos.
- Plazos de obtención de resultados, los cuales vendrán marcados imperativamente por el aspecto normativo.
- Formación del analista, distinta en su profundidad dependiendo de la complejidad de la técnica aplicada.
- Validación de la técnica con respecto a las normas y estándares internacionales, y exigencia o no de la acreditación, certificación u contraste frente a sistemas de calidad homologados del laboratorio de análisis.
- Finalmente, y no menos importante, el coste económico de la aplicación práctica de todo el proceso analítico, comenzando por la toma de muestras y programa de muestreo aplicado, continuando con la labor de laboratorio y finalizando con la emisión de informes finales.

Tabla 1. Clasificación de las técnicas analíticas (en negrita, técnicas usualmente aplicadas en aguas).

Propiedad física que se determina	
Masa	Gravimetría
Volumen	Volumetría
Técnicas espectroscópicas y ópticas	
Absorción atómica o molecular	Espectrofotometría (rayos X, IR, UV), colorimetría , absorción atómica , RMN, RSE
Emisión atómica o molecular	Espectroscopía de emisión (rayos X, UV), fotometría de llama , radiometría, espectrofluorescencia
Dispersión	Turbidimetría , nefelometría, espectroscopía Raman
Refracción	Refractometría, interferometría
Difracción	Rayos X, difracción electrónica
Rotación	Polarimetría, dispersión óptica rotatoria, dicroísmo circular
Técnicas no espectroscópicas	
Potencial eléctrico	Potenciometría , cronoamperometría
Conductancia eléctrica	Conductimetría
Corriente eléctrica	Polarografía , amperometría
Cantidad de electricidad	Columbimetría
Cociente carga/masa	Espectrometría de masas
Propiedades térmicas	Conductivimetría térmica, calorimetría, termogravimetría

Para acabar esta introducción al tema, hay que fijarse en que pueden disponerse de dos tipologías analíticas en función de la afección de la propia técnica de análisis sobre el analito de interés. Por una parte, las técnicas no destructivas o no invasivas, en las que no se da destrucción o modificación del analito o microorganismo durante el proceso analítico. Es el caso, por ejemplo, de la medida de turbidez, de conductividad, la observación y recuento de la microfauna de un fango activo, etc. Por otra parte, las técnicas que suponen destrucción o modificación del analito, es decir, técnicas destructivas o invasivas, como puedan ser la DQO, COT, nitrógeno Kjeldahl, investigación de metales mediante ICP, etc.

2. Técnicas de análisis fisicoquímico y biológico-microbiológico

En el apartado fisicoquímico, lo primero será diferenciar entre técnica analítica y método de separación. Así, la técnica analítica es capaz de cuantificar o detectar cualitativamente un analito directamente, con la aplicación de una metodología basada en la técnica propiamente dicha. Atendiendo a la **Tabla 1**, se pueden considerar cuatro apartados en cuanto a técnicas analíticas.

2.1. Técnicas basadas en una propiedad física

Estas dan lugar al denominado análisis clásico y a las conocidas gravimetrías (medida de masa) y volumetrías (medida de volumen) empleadas



Tabla 2. Métodos químicos de separación de sustancias (en negrita, técnicas usualmente aplicadas en aguas).

Métodos químicos de separación de sustancias	
Separaciones mecánicas	Tamizados, filtración, ultrafiltración
Separaciones físicas	Puntos de fusión, ebullición, propiedades magnéticas
Separaciones químicas	Precipitación, destilación, extracción líquido-líquido
Cromatografía	
Cromatografía de base móvil líquida	Cromatografía de adsorción, cromatografía de participación, cromatografía iónica , cromatografía sobre papel, cromatografía de capa delgada, cromatografía líquidos (HPLC)
Electrocromatografía	Aplicación corriente eléctrica
Cromatografía de gases	CG

usualmente, por ejemplo, en la determinación de sólidos en suspensión o dureza de un agua, respectivamente.

2.2. Técnicas espectroscópicas y ópticas

Se basan en la modificación de las propiedades espectroscópicas y ópticas de la materia, es decir, las ligadas a la radiación electromagnética. Y dentro de las espectroscópicas, las apoyadas en la absorción de luz (en realidad, de una parte del espectro, expresado de otra forma, de un color) bien por moléculas (espectrofotometría y colorimetría) bien por átomos o iones (absorción atómica..). Como aplicaciones prácticas en aguas, cítense la determinación de COT mediante infrarrojos, la colorimétrica para fósforo total o la conocida absorción atómica para metales.

Otra serie de técnicas usan la emisión de radiación (nuevamente, de un color) y esto tanto por moléculas como por iones o átomos. En este caso se habla de: espectroscopía de emisión, en la que la emisión UV se emplea para la determinación, por ejemplo, de nitratos; la conocida (y

ya poco empleada) fotometría de llama para cuantificación de metales alcalinos; o la más sofisticada y relacionada con esta de la ICP (inducción acoplada de plasma, para metales); o la espectrofluorescencia, que tiene un campo de actividad notable, por ejemplo, en los estudios de biotoxicidad de vertidos y efluentes.

Con relación a las técnicas que hacen uso de las propiedades ópticas de la radiación electromagnética, existen varias, de las que sin duda la turbidimetría, basada en la propiedad de la dispersión óptica, es la más empleada en aguas.

2.3. Técnicas no espectroscópicas

De ellas, un grupo se basan en propiedades fisicoquímicas de la disolución, en este caso del agua, tales como el potencial eléctrico (potenciometría, medida del pH), conductancia eléctrica (conductimetría, para cuantificar la conductividad o aproximación al contenido salino de un agua), corriente eléctrica (determinación polarográfica de algunos metales -Zn, Cd, etc.-), cantidad de electricidad, así como el cociente carga/masa, que da lugar a la co-

nocida técnica de la espectrometría de masas aplicada como método de detección y cuantificación a diversas metodologías (cromatografías de gases y de líquidos -compuestos orgánicos...-, e incluso en la ICP referida anteriormente).

Finalmente, las propiedades térmicas de la materia dan lugar, entre otras, a las termogravimetrías, que pueden ser aplicadas para el análisis del comportamiento térmico de los fangos de depuración.

2.4. Técnicas radiológicas

Este grupo de técnicas son muy específicas y se basan en las propiedades radiactivas o radiológicas de la materia, y tienen su aplicación en la caracterización radiológica de aguas, o incluso de fangos o subproductos de depuración. Típicas son las determinaciones de radiactividad α y β de aguas, así como los recuentos de diversos isótopos.

2.5. Métodos de separación

La **Tabla 2** presenta aquellas metodologías fisicoquímicas enfocadas a la separación de analitos, más que a su propia determinación, si bien algunos métodos de separación pueden ser útiles *per se* en la cuantificación de compuestos y sustancias. Y de partida existen dos grandes grupos: los métodos químicos de separación y las técnicas cromatográficas, implantadas desde hace años en la analítica de aguas.

Con respecto a los primeros, cabe señalar que pueden basarse en propiedades mecánicas, físicas o químicas. Dentro de las separaciones mecánicas están las conocidas filtraciones y tamizados. Por su parte, las separaciones físicas emplean propiedades físicas de la materia, como los puntos de fusión, ebullición o propiedades magnéticas, con aplicaciones mínimas en ana-

lítica de aguas. Finalmente, dentro de las separaciones químicas están las conocidas de precipitación, destilación y extracción líquido-líquido, con algunos ejemplos de su empleo en análisis de aguas: determinación de sodio (técnica de precipitación ya en desuso) o extracción de grasas en aguas residuales y vertidos.

2.6. Técnicas cromatográficas

Las separaciones cromatográficas se basan en el principio de retención selectiva, cuyo objetivo es separar los distintos componentes de una mezcla, permitiendo identificar y determinar las cantidades de dichos componentes. Variaciones en el llamado coeficiente de partición de los compuestos dan como resultado la retención diferencial sobre una fase estacionaria y una subsiguiente elu-

ción secuenciada desde la anterior mediante una fase móvil (líquida o gaseosa), logrando la separación efectiva en función de los tiempos de retención de cada componente.

Entre las técnicas de separación de fase móvil líquida (**Tabla 2**), las más usadas en aguas son la conocida cromatografía iónica (determinación de cloruros, nitratos, bromuros...) y la HPLC o cromatografía de líquidos de alta presión, que sirve para la investigación de numerosos compuestos orgánicos de síntesis. Cuando la fase móvil es un gas se tiene la conocida cromatografía de gases, ampliamente empleada también para determinación de compuestos orgánicos. Tanto CG como HPLC encuentran un complemento de primera magnitud para optimizar sus prestaciones en la espectrometría

de masas (**Tabla 1**), ya comentada anteriormente.

2.7. Métodos microbiológicos y biológicos

La investigación de organismos y microorganismos en aguas dispone de hasta cuatro tipologías de análisis. En primer lugar, la conocida observación microscópica, que en su aspecto de microscopía óptica muestra su utilidad en la identificación de protozoos y bacterias filamentosas del fango activo de depuración biológica de aguas.

Las técnicas de cultivo son habituales en la determinación, por ejemplo, de coliformes totales, clostridium o aerobios en aguas de consumo o residuales. Las técnicas basadas en la toxicidad inducida en microorganismos o incluso orga-

Tabla 3. Características medias del agua residual urbana española (20% de aporte industrial).

Parámetro	Unidad	Valor	Parámetro	Unidad	Bruta
Temperatura	°C	24,5	Cianuros	mg/L	< 0,002
pH	u. de pH	6,8	Fenoles	mg/L	< 5
Conductividad	µs/cm	950	Hierro	mg/L	1,204
O ₂ disuelto	mg/L	1,0	Manganeso	mg/L	0,302
Sól. sed.	mg/L	14	Arsénico	mg/L	0,007
Sól. susp.	mg/L	409	Plomo	mg/L	0,079
Sól. dis.	mg/L	450	Selenio	mg/L	< 0,010
Sól. dis. volát.	mg/L	196	Cobre	mg/L	0,200
DQO	mg/L	700	Zinc	mg/L	0,110
DBO ₅	mg/L	400	Níquel	mg/L	0,006
Amoníaco	mg/L	46,5	Cadmio	mg/L	< 0,001
Nitratos	mg/L	< 5	Mercurio	mg/L	0,051
N-Kjeldahl	mg/L	61,6	Cromo total	mg/L	0,012
Fósforo total	mg/L	2,9	Coliformes totales	col/1 mL	2,0 x 10 ⁸
Detergentes	mg/L	15	Coliformes fecales	col/1 mL	1,0 x 10 ⁶
Aceites-grasas	mg/L	109	Dureza (CaCO ₃)	mg/L	162
Cloruros	mg/L	114	Fluoruros	mg/L	0,139
Sulfatos	mg/L	93	-	.	-



Tabla 4. Contaminantes emergentes detectados en los saneamientos de España.

Contaminantes emergentes			
Organoclorados (aldrín, DDT, lindano...)	Organofosforados (clorpirifos, clorfenvinfos...)	Triazinas (atrazina, simazina, terbutilazina...)	Fitosanitarios (duirón, isoproturón, pentaclorofenol...)
Orgánicos volátiles (diclorometano, benceno, tolueno, xileno...)	Alquifenoles (nonilfenoles, octilfenoles...)	Organometálicos (trifenilestano, tributilestano...)	HAP (antraceno, fenantreno...)
Dioxinas, furanos, PCB	Etiléteresbromados, ftalatos, amianto	Diversas drogas	Ibuprofeno, diclofenaco

nismos más evolucionados, miden fluctuaciones de bioluminiscencia natural o inducida en bacterias o de su consumo de oxígeno.

Finalmente, las más novedosas técnicas de vanguardia, las técnicas genéticas, son capaces de seccionar los ácidos nucleicos de bacterias y virus (así como de otros microorganismos) y recombinarlos con ADN totales o parciales testigo para identificar o incluso cuantificar diversos microorganismos presentes en aguas (por ejemplo, aplicación de la PCR para *Legionella*).

3. Control de calidad en aguas

El análisis de aguas residuales (negras o grises y depuradas), de aguas de consumo y de aguas regeneradas presenta sensibles diferencias, como ya se expuso al principio.

En concreto, las aguas de consumo tienen necesariamente que adaptar su calidad a lo establecido en la normativa vigente (RD 140/2003), con lo que habitualmente suelen presentar contenidos salinos y dureza asociada bajos o medios (200-1.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 150-300 mg/L de CaCO_3), color y turbidez muy modestos (0-10 mg/L de Pt-Co, el primero, y <0,5 UNF la segunda), bajos niveles de materia orgánica (normalmente no superior a 2-3 mg/L de oxidabilidad al KMnO_4) así como concentraciones de nitritos, amonio, hierro y manganeso asimismo muy moderadas (< 0,500 mg/L los dos primeros, y < 200 $\mu\text{g}/\text{L}$ para Fe, y < 50 $\mu\text{g}/\text{L}$ para Mn).

Atendiendo a metales pesados y compuestos orgánicos de síntesis, apenas superan algunos $\mu\text{g}/\text{L}$ los primeros, y no suelen alcanzar 1 $\mu\text{g}/\text{L}$ los segundos. En realidad, normalmente se encuentran la mayoría por debajo de los límites de detección o cuantificación de los métodos analíticos empleados. Finalmente, en cuanto los parámetros microbiológicos, se suele comprobar la ausencia de microorganismos (salvo en algún caso concreto admitido en el RD 140/2003), mientras que los recuentos radiológicos son asimismo muy bajos.

Las aguas brutas destinadas a producción de agua potable presentan, evidentemente, concentraciones de compuestos más altas que las de las primeras en la mayoría de parámetros (color, turbidez, materia orgánica, nitritos, amonio, Fe y Mn, no más de dos órdenes de magnitud normalmente), así como en recuentos microbiológicos, estos sí muchos más altos, mientras que en radiología, metales traza y compuestos orgánicos (de síntesis o metabolitos orgánicos) tampoco suelen ser mucho más altos que en aguas tratadas, salvo en episodios específicos y habitualmente ocasionales.

Para las aguas residuales urbanas, sus características se mueven entre contenidos salinos y durezas medios-altos, color y turbidez muy elevados, con presencia notable de sólidos en suspensión o sedimentables, elevados niveles de materias orgánicas,

concentraciones considerables de compuestos nitrogenados y fosforados, presencia ahora sí de cantidades ya notables de metales pesados y de compuestos orgánicos de síntesis, así como recuentos microbiológicos especialmente elevados. La **Tabla 3** recoge las características medias de un agua residual urbana española (doméstica+industrial) con un aporte de un 20% de aguas industriales.

Como información complementaria, la **Tabla 4** presenta algunos de los diferentes compuestos orgánicos de síntesis detectados en los últimos años, de forma general, en la mayoría de los saneamientos de nuestro país. En este sentido, en más del 25% de los saneamientos se detectaron habitualmente nonilfenoles, cloroformo, hidrocarburos aromáticos policíclicos, diclorometano y heptacloro, en niveles de hasta decenas de microg/L en algún caso (cloroformo, nonilfenoles), que evidentemente, no son producidos dentro de las EDAR, sino en los hogares e industrias. Por último, las aguas residuales industriales contienen contaminantes específicos determinados por el tipo de actividad de la que proceden y que no se particularizan aquí.

Tratando ahora de las aguas regeneradas, estas presentan características sensiblemente similares a las aguas de consumo habida cuenta de que se trata de aguas ya depuradas y sometidas a tratamientos

terciarios para adecuar su calidad a lo requerido por la normativa vigente sobre reutilización de aguas (RD 1620/2007). También se detecta contenido salino y dureza medios-altos, de color, turbidez y materia orgánica moderados, poca incidencia de metales pesados y compuestos orgánicos de síntesis, así como de recuentos microbiológicos más altos que los del agua de consumo pero mucho más bajos que los del agua residual depurada.

Para finalizar este apartado, cíten-se, si bien no son en realidad aguas, a los subproductos de depuración, cuáles son los fangos de depuración o el biogás producido en instalaciones de digestión que habitualmente entran dentro del apartado del control de calidad de aguas residuales implantado en nuestras EDAR. Con relación a los fangos, debe controlarse su sequedad, materia orgánica, metales pesados y algunos parámetros microbiológicos (salmonella y *E.coli*) mientras que para el biogás, metano, sulfuros y CO₂ (y algunos otros gases traza productos de combustión del mismo) han de ser periódicamente determinados.

4. La práctica de control de calidad en aguas residuales y regeneradas

La calidad de las aguas residuales debe adecuarse en nuestro país a normativas dimanadas de las tres administraciones en que se organiza (estatal, autonómica y local), dependiendo del tipo de agua residual que se considere.

Así, para las aguas residuales depuradas vertidas al medio hídrico existen normativas estatales (vía Organismos de Cuenca: Confederaciones Hidrográficas) para aquellos medios hídricos de su competencia, y autonómicas cuando se trata de cuencas internas de ubicación total

Tabla 5. Parámetros aplicados en las Autorizaciones de Vertido a cauce (RD 509/1996).

Parámetros	Valor límite
Sólidos en suspensión (mg/L)	35
DBO (mg/L)	25
DQO (mg/L)	125
Fósforo total (mg/L)	2 (< 100.000 he) 1 (> 100.000 he)
Nitrógeno total (mg/L)	15 (< 100.000 he) 10 (> 100.000 he)

en una determinada comunidad (por ejemplo, cuencas interiores en Cataluña o País Vasco).

Finalmente, al gestor del saneamiento le corresponde el control y vigilancia de las aguas residuales (industriales comúnmente) que vierten al mismo y que han de cumplir normativas y reglamentos de ámbito municipal o en ocasiones autonómico (ordenanzas de vertidos y similares).

4.1. Aguas residuales depuradas

Para el vertido a cauces públicos se aplica lo dispuesto por el RD 509/1996, que considera explícitamente sólidos en suspensión, demanda bioquímica de oxígeno y demanda química de oxígeno, así como nitrógeno y fósforo cuando el vertido depurado se produzca en zonas sensibles, en las preceptivas Autorizaciones de vertido. La **Tabla 5** informa sobre la cuestión. Hasta ahora el tema no es complejo. La verdadera complejidad para el gestor comienza a partir de la tabla anterior, cuando se exigen cuestiones como: "Asimismo deberán cumplir los objetivos medioambientales establecidos en los planes de cuenca, para los usos que normativamente se establezcan en el medio receptor...". "En caso de detectarse en el vertido sustancias no autorizadas,

especialmente sustancias peligrosas, entendiéndose como tales todas las sustancias contenidas en los Anexos I y II del RD 60/2011, sobre normas de calidad ambiental en concentraciones superiores a los límites de cuantificación analítica se actuará de acuerdo a lo establecido en el Reglamento del Dominio Público Hidráulico...".

Con relación al tema de las Normas de Calidad Ambiental (NCA), la **Tabla 6** presenta ahora la situación actual en nuestro país, según el vigente RD más arriba citado, si bien la situación debe cambiar en menos de dos años al haberse ya aprobado una nueva directiva sobre sustancias prioritarias en la UE. Pero vayamos por partes.

Obsérvese que los niveles de las sustancias recogidas en las NCA se refieren al medio acuático, es decir, a la situación más desfavorable de contaminantes admisible en los cauces libres para conseguir su buen estado químico y/o ecológico. El problema surge cuando desde las administraciones hidráulicas se aplican literalmente los valores paramétricos establecidos como NCA a las aguas depuradas en las EDAR. E incluso se indica la responsabilidad del gestor de la EDAR, es decir, del agente descontaminante del agua residual de las ciudades, en el proceso de agresión al medio.



Tabla 6. RD 60/2011 (Normas Calidad Ambiental). Nota: MA = concentración media anual ($\mu\text{g/L}$);
 y CMA = concentración máxima admisible anual ($\mu\text{g/L}$).

Sustancias prioritarias	MA	CMA	Sustancias preferentes	MA
Alacloro	0,3	0,7	Etilbenceno	30
Antraceno	0,1	0,4	Tolueno	50
Atrazina	0,6	2,0	Tricloroetano	100
Benceno	8 - 10	50	Xileno (suma 3 isómeros)	30
Difeniléteres bormados	$2 \times 10^{-4} - 5 \times 10^{-4}$	No aplicable	Terbutilazina	1
Cadmio y sus compuestos	0,08 - 0,025	0,45 - 1,5	Arsénico	20 - 50
Tetracloruro de carbono	12	No aplicable	Cobre	5 - 100
Cloroalcanos (C_{10-13})	0,4	1,4	Cromo IV	5
Clorfenvinfos	0,1	0,3	Cromo total	50
Clorpirifós	0,03	0,1	Selenio	1 - 10
Aldrín, dioeldrín, endrín, isodrín (suma)	0,01 - 0,05	No aplicable	Zinc	1 - 500
DDT total	0,025	No aplicable	Cianuros totales	40
p, p' - DDT	0,01	No aplicable	Fluoruros	1.700
Dicloroetano	10	No aplicable	Clorobenceno	20
Diclorometano	20	No aplicable	Diclorobenceno (suma 3 isómeros)	20
Dietilhexil-ftalato	1,3	No aplicable	Metalocloro	1
Diurón	0,2	1,8	Etilbenceno	30
Endosulfán	5×10^{-4}	0,004 - 0,01		
Fluoranteno	0,1	1		
Hexaclorobenceno	0,01	0,05		
Hexaclorobutadieno	0,1	0,6		
Hexaclorociclohexano	0,002 - 0,02	0,02 - 0,04		
Isoproturón	0,3	1		
Plomo y sus compuestos	7,2	No aplicable		
Mercurio y sus compuestos	20	No aplicable		
Naftaleno	1,2 - 2,4	No aplicable		
Níquel y sus compuestos	20	No aplicable		
Nonilfenol y 4-Nonilfenol	0,3 (cada uno)	2 (cada uno)		
Octilfenol	0,01 - 0,1	No aplicable		
Pentaclorobenceno	$7 \times 10^{-4} - 0,007$	No aplicable		
Pentaclorofenol	0,4	1		
Benzo(a)pireno	0,05	0,1		
Benzo(b)fluoranteno+benzo(k)fluotanteno	0,03	No aplicable		
Benzo(g,h,i)perileno+indeno(1,2,3-cd)pireno	0,002	No aplicable		
Simazina	1	4		
Tetracloroetileno, tricloroetileno	10 (cada uno)	No aplicable		
Compuesto tributilestaño	2×10^{-4}	0,0015		
Triclorobencenos	0,4	No aplicable		
Triclorometano	2,5	No aplicable		

Es opinión del autor que se hace un grave ejercicio de irresponsabilidad, puesto que resulta evidente que un agua depurada no es un agua de un cauce libre y que, además, procede a su vez de un agua residual urbana contaminada, lógicamente, por todas las sustancias que tras su depuración podría contener, y que finalmente proceden como contaminantes primarios de industrias y de nuestros propios hogares. Dicho de otra forma, los verdaderos agentes contaminantes del medio somos los propios ciudadanos, como ya se dijo más arriba.

Además, la gran mayoría de las depuradoras del país se diseñaron, construyeron y ejecutaron con arreglo a unos parámetros de contaminación de hace 20 o 30 años que, por supuesto, hoy han dejado de

tener vigencia. Las EDAR, recuérdese, operan habitualmente con mecanismos biológicos, están diseñadas para eliminar carga biodegradable y sólidos en suspensión y a duras penas puede pretenderse que eliminen o reduzcan a los niveles exigidos por la administración la cantidad de contaminantes de nuevo cuño que contienen.

Como ejemplo, en un estudio llevado a cabo en una gran EDAR biológica de fangos activos del sur de España (>100.000 m³/día) a lo largo de los últimos 7 años, la reducción de una amplia gama de compuestos recogidos en la **Tabla 6** fue inferior al 5% con respecto a su concentración de entrada. Esos compuestos son: aldrín, heptacloro epóxido, partatión metil, terbutrina, bromoformo, benzo-fluoranteno, benzo-

perileno, dicloroetano, tricloroetano y tetracloroetano. Así, dependiendo de la concentración de entrada a la EDAR, el gestor podría tener problemas con el organismo de cuenca.

En todo caso, la aplicación de las NCA sin considerar el estudio de las denominadas zonas de mezcla, ya previstas en la Directiva Europea, y que tienen en cuenta el efecto laminador o de homogenización del medio acuático libre sobre el agua depurada, es cuanto menos preocupante. Este aspecto es una exigencia necesaria y largamente demandada por el sector.

Pero no queda aquí el tema. Acaba de publicarse, como ya se dijo antes, una nueva Directiva sobre sustancias prioritarias, que como elementos más destacables plantea los siguientes:

Tabla 7. RD 508/2007: Reglamento E-PRTR (emisiones al medio acuático).

Sustancias	Emisiones (kg/año)
Cloruros	2.000.000
Nitrógeno total, carbono orgánico total	50.000
Fósforo total	5.000
Fluoruros	2.000
Compuestos orgánicos halogenados	1.000
Benceno, etilbenceno, tolueno, xilenos	200
Zinc y compuestos	100
Cromo y compuestos, cobre y compuestos, compuestos organoestánicos, cianuros	50
Níquel y compuestos, plomo y compuestos, fenoles	20
1,2-dicloroetano, diclorometano, tetracloroetileno, tricloroetileno, triclorometano, cloruro de vinilo, óxido de etileno, naftaleno	10
Arsénico y compuestos, cadmio y compuestos, hidrocarburos aromáticos, policíclicos	5
Mercurio y compuestos, tributilestaño y compuestos, trifenilestaño y compuestos, alacloro, aldrín, atrazina, clordano, clordecona, clorfenvinfós, cloroalcanos C10-C13, clorpirifós, DDT, dieldrín, diurón, endosulfán, endrín, heptacloro, hexaclorobenceno, hexaclorobutadieno, hexaclorociclohexano, lindano, mirex, pentaclorobenceno, pentaclorofenol, simazina, isoproturón, trifuralina, tetraclorometano, triclorobencenos, toxafeno, antraceno, bromodifeniléteres, nonilfenoles, ftalato de bis(2-etilhexilo), octilfenoles, fluoranteno, isodrín, benzo(g,h,i)perileno, amianto	1
Hexabromobifenilo, policlorobifenilos	0,1
Dioxinas+furanos	0,0001
DQO, o-p´DDT, p-p´DDD, p-p´DDE, p-p´DD, Benzo(a)pireno, Benzo(b)fluoranteno, indeno(1,2,3)pireno, triclorobencenos (3 isótopos), xileno (3 isótopos), Penta-BDE, Octa-BDE, Deca-BDE	Sin nivel definido



Tabla 8. Ordenanzas de vertidos: parámetros limitados en más del 50%.

Parámetros y limitaciones		
pH superior (11,9 - 9,0)	Níquel mg/L (15 - 0)	Conductividad $\mu\text{S/cm}$ (50.000 - 2.000)
pH inferior (6,0 - 4,5)	Arsénico mg/L (3 - 0,05)	Manganeso mg/L (15 - 1)
Cobre mg/L (15 - 0,2)	DBO ₅ mg/L (4.000 - 100)	Aluminio mg/L (40 - 0,3)
Cadmio mg/l (3 - 0)	Hierro mg/L (150 - 1)	Fluoruros mg/L (40 - 2)
Cianuros mg/L (10 - 0,05)	Sólidos susp. mg/L (1.500 - 100)	Bario mg/L (50 - 1)
Zinc mg/L (40 - 0,3)	Boro mg/L (10 - 1)	Sulfatos mg/L (2.000 - 5)
Plomo mg/L (5 - 0,05)	Sulfatos mg/L (150 - 0,3)	Cromo total mg/L (12 - 0,05)
Cromo VI mg/L (3 - 0,01)	DQO mg/L (7.000 - 50)	Toxicidad equitox/m ³ (50 - 10)
Aceites-grasas mg/L (1.750 - 40)	Fenoles mg/L (200 - 0,02)	Detergentes mg/L (40 - 4)
Temperatura mg/L (65 - 3)	Selenio mg/L (10 - 0,01)	Cloruros mg/L (4.500 - 150)
Mercurio mg/L (1,5 - 0)	Estaño mg/L (10 - 1)	Fósforo total mg/L (75 - 2)

- Se incluyen 12 sustancias prioritarias nuevas: dicofol, ácido perfluorooctanosulfónico y derivados, quinoxifeno, dioxinas, aclofineno, bifenox, cibrutirna, cipermetrina, diclorvós, hexabromociclododecano, heptacloro y epóxido y terbutrina (plaguicidas, antiinflamatorios y compuestos de combustión).

- Además, se incluyen como sustancias peligrosas prioritarias (más nocivas para el medio acuático) al ftalato de di(2-etilhexilo) y trifuralina.

- Se establece la denominada Lista de Observación, que recopilará sustancias que en sucesivas actualizaciones (anuales) se incluirán dentro del listado de SP o SPP. De inicio, incluye diclofenac (antiinflamatorio), 17-beta-estradiol y 17-alfa-ethinylestradiol (estrógenos).

- Se modifican concentraciones de las SP, y se establece cumplimiento de NCA, además de en aguas, en biota (peces) en algunos casos.

- Se postula la implantación de sistemas de acreditación de laboratorios de residuales.

- Se fijan concentraciones de SP y SPP a veces por debajo de los límites

de detección de las técnicas analíticas: heptacloro 10⁻⁸ mg/L, cipermetrina 10⁻⁶ mg/L...

Parece ser que la pulcritud medioambiental de la Unión Europea (UE) quisiera rizar el rizo, puesto que en realidad, los informes técnicos sobre la situación de contaminación por SP y SPP en las aguas europeas no justifica los controles impuestos. Y, además, se está trabajando en una nueva directiva sobre sustancias farmacéuticas y similares, con lo cual el panorama puede ser aún más desalentador próximamente. La cuestión no es que los depuradores se nieguen a cumplir lo establecido, ni que no estén ambientalmente comprometidos. Se trata simplemente de que con los medios que existen en las actuales EDAR, poco más se puede hacer que eliminar DQO, DBO₅ y sólidos del agua residual urbana.

Abundando en que el tema de la aplicación de las NCA debe reenforcarse para el agua depurada, otra normativa pone en alerta al depurador: el Reglamento E-PRTR, o de emisiones al medio, fijándose en el

agua, lógicamente. La **Tabla 7** recoge las sustancias que deben ser informadas a la administración ambiental siempre que sus niveles de emisión al medio acuático superen unos determinados niveles, en este caso expresados como kg/año, es decir, como carga contaminante no como concentración, tal como establecían las anteriores normativas expuestas.

Como comentario, aparte de que muchas sustancias se consideran tanto en las NCA como en el E-PRTR, se detecta una clara colisión en los planteamientos de unas y otras, lo cual hace poco clara el planteamiento de qué debe de cumplir el gestor de las EDAR.

Como ejemplo, dos casos: benceno y dicloroetano. Las NCA fijan un nivel de 10 $\mu\text{g/L}$ en ambas sustancias. Aplicando el nivel para comunicación de emisiones derivado del E-PRTR para una EDAR de 10.000 m³/día, de 200 kg/año para benceno y de 10 kg/año para dicloroetano, se podría deducir que las concentraciones equivalentes en estas aguas depuradas serían de 11

µg/L para benceno y de 55 µg/L para dicloroetano. Para una EDAR de 50.000 m³/día, las concentraciones equivalentes serían de 55 µg/L para benceno y de 274 µg/L para dicloroetano. Conclusión: con emisiones dentro del marco normativo del E-PRTR (que no marca límites de cumplimiento, al menos hasta la fecha) en algunas autorizaciones de vertido se estaría en la situación de vertido no autorizado.

4.2. Aguas residuales vertidas a saneamiento

El control que el gestor del saneamiento ejerce sobre los usuarios del mismo se apoya en las ordenanzas y reglamentos de vertidos y estas solo se refieren a los usuarios no domésticos de los saneamientos: se requiere probablemente de alguna sosegada reflexión sobre el particular, dado que el agua residual de procedencia doméstica es hoy en día una fuente inagotable de contaminación emergente incontrolada hacia nuestros saneamientos. Incontrolada y en continuo crecimiento cualitativo y cuantitativo como anteriormente se justificó en este trabajo.

Actualmente hay en España más de 3.000 normas del tipo de ordenanzas y reglamentos que consideran más de un centenar de sustancias (globalmente), con niveles paramétricos ciertamente diferentes en cada una. Como ejemplo, la **Tabla 8** presenta las sustancias recogidas en más del 50% de las mismas.

Si bien es lícito que las ordenanzas tengan en consideración el entorno, la actividad comercial e industrial de la ciudad, el caudal, la población y sus variaciones estacionales, la climatología y el cauce receptor del posterior vertido depurado, la dispersión de criterios se antoja en demasía. Algún comentario al respecto: los rangos entre los que oscilan

los sólidos en suspensión, la DBO₅ y la DQO varían entre, respectivamente, 100 y 1.500 mg/L, 100 y 4.000 mg/L, y 50 y 7.000 mg/L, respectivamente. Complicado lo tiene el laboratorio que tenga que hacer el seguimiento de ordenanzas en varias ciudades del país.

Asimismo, las ordenanzas limitan, además de la contaminación convencional, los metales pesados y cada vez más compuestos orgánicos de síntesis. Así pues, es previsible que se vayan adecuando progresivamente a lo requerido especialmente por el Reglamento E-PRTR, así como

a las NCA (una vez resuelto el tema de las zonas de mezcla), que van a ser la prioridad perseguida posteriormente en la depuración en las EDAR (en las futuras, no en las actuales).

4.3. Control de proceso en las EDAR

No existe nada reglado con respecto al control de proceso en las EDAR, lo cual parece lógico ya que cada depuradora es distinta de la del vecino y se enfrenta a problemas también específicos. También porque las posibilidades técnicas y económicas del explotador, por desgracia, no son las

Tabla 9. Características de fangos destinados a uso agrícola (RD 1310/1990 y Orden AAA 1072/2013).

Parámetros	Límites (pH < 7 - pH > 7)
Sequedad %	-
Materia orgánica %/ms	-
pH	-
C/N	-
Nitrógeno total %-N	-
Nitrógeno amoniacal %/NH ₄ /ms	-
Fósforo total mg P ₂ O ₅ /kg ms	-
Potasio mg K ₂ O/kg ms	-
Calcio mg CaO/kg ms	-
Magnesio mg MgO/kg ms	-
Hierro mg FeO/kg ms	-
Cobre mg/kg ms	1.000 - 1.750
Plomo mg/kg ms	750 - 1.200
Cadmio mg/kg ms	20 - 40
Níquel mg/kg ms	300 - 400
Cromo mg/kg ms	1.000 - 1.500
Zinc mg/kg ms	2.500 - 4.000
Mercurio mg/kg ms	16 - 25
Salmonella en 25 g	Pres. - Aus.
<i>Escherichia coli</i> ufc/g	-



Tabla 10. Calidad de las aguas regeneradas en función de su uso (RD 1620/2007).

Tipos de usos				
1. Uso urbano	1.1. Residencial: Jardines privados Aparatos sanitarios	1.2. Servicios: Riego zonas verdes Baldeo calles Incendios Lavado vehículos	-	-
2. Uso agrario	2.1. Contacto directo agua-cultivos	2.2. Contacto directo agua-productos Riego pastos Acuicultura	2.3. Cultivos leñosos Flores ornamentales Cultivos industriales	-
3. Uso industrial	3.1. Aguas proceso y limpiezas Otros usos	3.2. Aguas proceso y limpiezas Industria alimentaria	3.3. Torres refrigeración y condensadores evaporativos	-
4. Uso recreativo	4.1. Riegos campos golf	4.2. Estanques, caudales circulantes no acceso público	-	-
5. Uso ambiental	5.1. Recarga acuíferos por percolación	5.2. Recarga acuíferos por inyección	5.3. Riego bosques y similares Silvicultura	5.4. Humedales, caudales ecológicos

mismas. Y, finalmente, porque los requerimientos establecidos en su autorización de vertidos concreta pueden variar.

El explotador suele conocer los entresijos de su depuradora con tal claridad que su práctica le marca los parámetros, frecuencias, muestreos, etc., que le pueden ser útiles para lograr el mejor rendimiento de depuración al menor coste técnico y económico.

Como aspectos generales, los seguimientos suelen contemplar determinaciones de sólidos_{Sed}, sólidos_{Sus}, DBO₅, DQO, N, P, pH, conductividad, temperatura, metales pesados, algunos compuestos orgánicos de interés, etc., especialmente en el agua residual bruta que accede a la EDAR, así como tras decantación primaria y secundaria, y en el vertido final depurado.

Asimismo cada vez toma más presencia la investigación de la microfauna fango activo por su indudable aportación a la mejora de los parámetros de la explotación, así como el control de sólidos en el licor de mezcla del tratamiento biológico.

4.4. Subproductos de depuración

El seguimiento de la sequedad de los fangos de cara a su idónea deshidratación y posterior gestión, el propio control de calidad del fango destinado a reutilización (agrícola o de otro tipo -energética, como material de obras públicas-), así como el control del gas producido en procesos de digestión anaerobia, en su composición y riqueza en metano, son de obligada aplicación.

Como ilustración al tema, la **Tabla 9** presenta las analíticas que se practican a un fango destinado a aprovechamiento agrícola (RD 1310/1990 y Orden AAA 1072/2013): debe controlarse su contenido en nutrientes (C, N, P) y metales beneficiosos para el cultivo (K, Ca, Mg, Fe), además de existir concentraciones limitadas para siete metales en prevención de su ingreso en la cadena trófica (Cu, Pb, Zn, Cr, Cd, Ni, Hg), implantándose también el seguimiento de *E. coli* y salmonella.

Además, una nueva directiva sobre el tema establecerá controles sobre compuestos orgánicos (hidrocar-

buos aromáticos policíclicos, bifenilos policlorados, dioxinas+furanos, detergentes LAS y plásticos NPE), así como sobre *clostridium perfringens*, potencialmente presentes en los fangos de depuración.

Con relación a la digestión, codigestión y producción de gas asociada, los controles a implantar suelen ser los de metano, sulfuro, CO₂ y CO (a menor escala, dioxinas, furanos y otros).

4.5. Aguas regeneradas

El control analítico aplicado será ligeramente distinto en función del uso del agua regenerada. En este sentido, la **Tabla 10** recoge un resumen de los cinco tipos de usos admitidos por el RD 1620/2007 para un agua regenerada (competencia de la administración sanitaria).

Para usos urbanos se habrán de investigar nematodos, *E. coli*, sólidos en suspensión, turbidez y también *Legionella* cuando el uso del agua podría llevar asociado un riesgo de aerosolización.

En el caso de los usos agrícolas, también habrán de investigarse,

además de los anteriores y cuando exista reiteración en la detección de *E. coli*, *Taenia saginata* y *Taenia solium*. Asimismo, se deberá contar con información adicional como conductividad del agua, relación de adsorción de sodio, y algunos metales: B, As, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Mo, Ni, Se y V.

El agua regenerada destinada a usos industriales requiere similar seguimiento que el aplicado para usos urbanos, tanto en parámetros físico-químicos como microbiológicos.

Para usos recreativos valen los parámetros definidos para usos urbanos y, además, para las aguas destinadas a estanques, masas de agua y caudales circulantes, habrá de investigarse fósforo total.

Finalmente, los usos ambientales son los menos restrictivos, fijándose solo huevos de nemátodos (recarga de acuíferos vía inyección), *E. coli* en algún caso y nitrógeno total y NO_3^- . No obstante, el RD indica que deberá limitarse la entrada al medio de contaminantes, especialmente de sustancias que puedan contravenir las NCA, con lo cual las exigencias pueden incrementarse notablemente.

5. Conclusiones

De todo lo expuesto se pueden extraer algunas ideas más o menos generales. En realidad, el gestor del saneamiento se enfrenta a una serie de cuestiones, en principio ajenas, en el sentido de que a duras penas podría actuar sobre las mismas:

- Ser responsable de una contaminación desconocida.
- Que cambia sin patrones temporales definidos.
- Con sustancias procedentes cada vez más de fuentes domésticas y no industriales, por tanto, prácticamente incontrolables y sin poder actuar sobre ellas.

Tabla 11. Algunas curiosidades sobre las aguas de consumo.

Compuesto químico	Concentración máxima (RD 140/2003)	NCA, RD 60/2011	
		Media año	Concentración máxima año
Sustancias prioritarias NCA			
Arsénico	10,0	50,0	25,0
Benzeno	1,0	10,0	50,0
Benzopireno	0,010	0,05	0,1
Cadmio	5,0	0,08 - 0,25	0,045 - 1,5
Aldrín	0,030	0,010	0,005
Dieldrín	0,030	-	-
1-2 Dicloretoano	3,0	10	No aplicable
Plomo	10,0	7,2	No aplicable
Mercurio	1,0	0,05	0,07
Níquel	20,0	20,0	No aplicable
HAP	0,10	No aplicable	No aplicable
Tetracloroetileno	10,0	10,0	No aplicable
Tricloroetileno	-	-	No aplicable
Clorpirifós	0,1	0,03	0,1
Endosulfán	0,1	0,005	0,01
Hexaclorociclohexano	0,1	0,02	0,04
Trifuralina	0,1	0,03	No aplicable
Sustancias preferentes NCA			
Cobre	2.000	5 - 120	No aplicable
Cromo	50,0	50	No aplicable
Selenio	10,0	1- 10	No aplicable
Cianuro	50,0	40	No aplicable
Fluoro	1.500	1.700	No aplicable

- Cumpliendo normativas cada vez más exigentes.
- Sin conocer exactamente qué se le pide.
- Siendo tratado como el 'causante' de la contaminación vertida, cuando en realidad cualquier EDAR lleva a cabo un proceso descontaminante, en mayor o menor medida,

tratándose en el peor de los casos, del único filtro global de una población frente a la contaminación urbana de carácter líquido generada por aquella.

Es, por lo tanto, difícil para el gestor del saneamiento saber qué debe controlar y qué niveles le puedan



acarrear un incumplimiento. Tampoco puede arbitrar medidas disuasorias eficaces ante sujetos que contaminen, puesto que en gran parte son los propios hogares. Incluso en ocasiones es tratado como un delincuente ambiental.

Alguna curiosidad sobre el particular. Se puede hacer una comparativa entre la calidad exigida a un agua de consumo en nuestro país (RD 140/2003) y las vigentes y ya referidas NCA (RD 60/2011). Observando algunos compuestos limitados en ambas normativas (**Tabla 11**) que comprenden metales pesados, compuestos orgánicos diversos y plaguicidas, es llamativo que los valores paramétricos de varios compuestos sean más exigentes en las NCA que para el agua de consumo.

Sin hacer otras valoraciones que las derivadas de que del orden del 75% del agua de consumo de una población se vierte como agua residual al saneamiento, habrá de concluirse que, paradójicamente, uno de los principales agentes contaminantes en el ciclo del agua es la propia agua de consumo, y que las depuradoras municipales acaso no sean capaces de depurar eficazmente el agua procedente de la propias potabilizadoras municipales. Recuérdese como ejemplo el estudio citado en el apartado 4.1. referente a que la eliminación de aldrín en una gran EDAR de fangos activos era estadísticamente inferior al 5%, así como que la eliminación de metales pesados en las EDAR biológicas (Cd, Pb, Hg, Se, todos ellos con NCA más exigentes que los valores paramétricos en aguas de consumo) no es necesariamente la deseable.

Hay que hacer incidencia en algo muy perceptible: las EDAR están muy obsoletas, en muchas ocasiones sin un mínimo mantenimiento de supervivencia, al mismo tiempo que si-

Es previsible que se incrementen los expedientes por vertidos fuera de norma a cauce por las progresivas exigencias de normativas cada vez más restrictivas, y por el mal estado de algunas EDAR

que sin aplicarse el control en origen de contaminantes, que podría llegar a ser realmente eficaz. Así mismo, tienden a desarrollarse normativas cada vez más exigentes sin apoyarse en estudios realistas del estado de nuestras aguas libres en cuanto a contaminación real. Parece ser que el 'por si acaso', lo que expresado de otra forma equivale a decir riesgo cero (que por cierto no existe), enfoca los desvelos anticontaminantes.

En cualquier caso, es previsible que se incrementen los expedientes por vertidos fuera de norma a cauce por las progresivas exigencias de normativas cada vez más restrictivas, al mismo tiempo que se desarrolle de forma notable el control *on line* y en tiempo real de la red de saneamiento y de las infraestructuras de depuración, que son y serán herramientas imprescindibles para testar el estado de calidad del agua residual de la red y su posterior y adecuada depuración.

Respecto a las EDAR, si no se cuenta con financiación, probablemente vayan entrando en 'descomposición interna' o 'coma cerebral'. Finalmente, en relación al control analítico, es una inversión que, sin duda, rinde beneficios (técnicos y económicos), y debe ser potenciada como elemento de sensible mejora de toda la actividad ligada al agua residual y regenerada.

Bibliografía

- [1] RD 606/2003 de 23 de mayo, BOE 147 de 6-6-2003, de modificación del Reglamento del Dominio Público Hidráulico.
- [2] RD Ley 4/2007 de 13 de abril, BOE 90 de 14-4-2007 modificación del texto refundido de la Ley de Aguas.
- [3] RD 907/2007 de 6 de julio, BOE 162 de 7-7-2007 sobre Reglamento de la Planificación Hidrológica.
- [4] Marín Galvín, R. (1995). Análisis de aguas y ensayos de tratamiento: principios y aplicaciones. Ed. GPESA, Barcelona.
- [5] AEAS (1997). Aguas residuales industriales: origen, caracterización y efectos sobre las instalaciones públicas de saneamiento y depuración.
- [6] Nemerow, N.L.; Dasgupta, A. (1998). Tratamiento de vertidos industriales y peligrosos. Ed. Díaz de Santos, Madrid.
- [7] Metcalf; Eddy (2003). Wastewater engineering. Treatment and reuse. Ed. McGraw Hill, 4th ed.
- [8] Marín Galvín, R.; Mantecón Pascual, R.; Díaz de Durana Uriarte, B. (2006). Ordenanzas de vertidos como herramienta para lograr un más eficaz control de vertidos a las redes de saneamiento público. Tecnología del Agua, núm. 277, págs. 84-93.
- [9] AEAS. Grupo de Trabajo de Inspección de Vertidos-Comisión V (2007). Guía práctica de actuación en materia de inspección de vertidos a redes de saneamiento.
- [10] Marín Galvín, R.; Ripollés Pascual, F.; Santateresa Forcada, E.; Lahora Cano, A.; González Canal, I.; Mantecón Pascual, R.; Rodríguez Amaro, R. (2009). Contaminación convencional, sustancias prioritarias y contaminantes emergentes en saneamientos públicos españoles. Tecnología del Agua, núm. 313, págs. 40-54.
- [11] Marín Galvín, R. (2009). El reto de la reutilización de aguas usadas: tratamiento intensivo de aguas residuales. Tecnología del Agua, núm. 309, págs. 28-42 (y referencias citadas allí).
- [12] Marín Galvín, R.; Mantecón Pascual, R.; González Canal, I.; Ripollés Pascual, F.; Santateresa Forcada E.; Navarro Navarro, J. (2010). Impactos de la contaminación de origen doméstico y no industrial sobre los SIS. Infoenviro, núm. 58, págs. 103-110.
- [13] Escribano Romero, F. (2011). El control de vertidos como herramienta de optimización de costes y gestión del saneamiento público. Actas de las XXXI Jornadas Técnicas de AEAS, Cartagena (Murcia).
- [14] Mantecón Pascual, R. (2012). Manual técnico de inspección (y referencias citadas allí).
- [15] Marín Galvín, R. (2012). Inspección y control de vertidos a sistemas públicos de saneamiento: situación actual, costes, normas de calidad ambiental y riesgos asociados. Tecnología del Agua, núm. 342, págs. 88-97 (y referencias citadas allí).
- [16] Marín Galvín, R. (2012). Procesos fisicoquímicos en depuración de aguas. Ed. Díaz de Santos, Madrid.
- [17] Marín Galvín, R.; Rojas Moreno, F.J. (2013). Caracterización del fango activo presente en el tratamiento biológico de la EDAR de La Golondrina (EMACSA-Córdoba). Aguasresiduales.info.
- [18] Ponencias Jornada Técnica: Nuevas tecnologías y avances en el control e instrumentación de la calidad en aguas residuales y regeneradas. Barcelona, 2013. Aqua-España y AEAS.
- [19] Ponencias V Jornada sobre gestión y tratamiento de lodos de EDAR. Barcelona, 2013. Universidad de Barcelona. 